TWO-PHASE FLOW IN VERTICAL TUBES

Ms. Malasri Janumporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University
2001

ISBN 974-130-707-1

Thesis Title: Two-Phase Flow in Vertical Tubes

By: Malasri Janumporn

Program: Petrochemical Technology

Thesis Advisors: Prof. James O. Wilks

Dr. Pomthong Malakul

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

K. Bunyakiat
....College Director
(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakiat)

Thesis Committee:

James O. Wilkes
....
(Prof. James O. Wilkes)

....
(Dr. Pomthong Malakul)

Kitipat Siemanond
....
(Dr. Kitipat Siemanond)

บทคัดย่อ

มาลาศรี จันทรอัมพร: การไหลของของไหลสองสถานะในท่อแนวดิ่ง (Two-Phase Flow in Vertical Tubes) อ. ที่ปรึกษา: ศ. เจมส์ โอ วิลส์ และ ดร. ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา 79 หน้า ISBN 974-130-707-1

ท่อพลาสติกใสขนาด 0.19 เมตร x 3 เมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน x สูง) ถูกสร้างขึ้นเพื่อทดลองการไหลแบบขนานของน้ำและอากาศ ในการศึกษานี้ การไหลแบบฟองน้ำและกระสุนถูกสร้างโดยปรับเปลี่ยนความเร็วอากาศในช่วง 0.0029 ถึง 0.7042 เมตรต่อวินาที ส่วนความเร็วของน้ำในช่วง 0 ถึง 0.1470 เมตรต่อวินาที การไหลนี้ถูกบันทึกด้วยกล้องวีดีโอดิจิตอล นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความเร็วพุ่งขึ้นของกระสุนอากาศในน้ำ ทั้งแบบเดี่ยวและต่อเนื่อง (rise velocity of single slug and continuous slugs) อัตราส่วนว่างของอากาศ (void fraction) และการปฏิบัติการของเครื่องสูบอาศัยแรงดันอากาศภายในการไหลแบบกระสุน (air-lift pump operation) ผลการทดลองทั้งหมดสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบจำลองของนิคกลิน (Nicklin's model) ยกเว้นผลจากการปฏิบัติการของเครื่องสูบอาศัยแรงดันอากาศภายในการไหลแบบกระสุน ซึ่งผลที่ได้ยังไม่สอดคล้องดีนัก

ABSTRACT

4271010063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM
Malasri Janumporn: Two-Phase Flow in Vertical Tubes.
Thesis Advisors: Prof. James O. Wilkes, and Dr. Pomthong Malakul, 79 pp ISBN 974-130-707-1
Keywords: Two-Phase Flow/Vertical Flow/Slug Flow/Rise Velocity/Void Fraction /Air-lift Pump

A column apparatus was designed and constructed to enable that the cocurrent two-phase flow be studied in a 0.019 m x 3.0 m (inside diameter x height) vertical tube with air and water as gas and liquid phases, respectively. In this study, bubble and slug flow patterns were produced by varying the inlet air and water flow rates. The superficial gas velocities studied were in the range of 0.0029 to 0.7042 m/s, while the superficial liquid velocity was varied from 0 to 0.1470 m/s. The resulting flow types were observed and filmed with a camcorder. Once a sufficient range of inlet conditions has been observed, flow pattern maps can be created for the vertical tube systems. More importantly, this thesis also investigated relation between rise velocity of single slug and the slug length, void fraction measured by quick closing valve technique at different air and water flow rate, rise velocity of continuously generated slugs, and air-lift pump operation within slug flow. All the results agreed well with values predicted by Nicklin's models for slug flow except air-lift pump operation within slug flow where some discrepancies were observed.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was made possible through financial support from New Faculty Development Fund (NFDF). I thank Prof. James O. Wilkes and Dr. Pomthong Malakul, my advisors for supporting and suggestion, my friends for helping me carry out the experiments and my family for encouragement. In addition, I thank the technicians of the college for construction and repair apparatus to run experiments.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

LIST OF SYMBOLS

A	Cross-section area of a tube
a	Radius of a vertical tube
D	Inside diameter of a tube
G	Gas volumetric flow rate
g	Gravity acceleration
H	Height of liquid in the main column
h, H_0	Height of liquid in the reservoir column
$J_0(\,)$	The zero-order of Bessel function
$J_1(\,)$	The first-order of Bessel function
L	Liquid volumetric flow rate
p_1	Pressure at point 1
p_2	Pressure at point 2
U_b	Rise velocity of a slug in stagnant liquid
$\bar{U}_l$, U_{Lm}	Mean upwards liquid velocity
U_s	Rise velocity of slugs
v_g	Velocity of the gas bubbles
c	Constant value for equation (6)
ε	Void fraction
ρ_L	Density of liquid
ϕ	Velocity potential function
ψ	Stream function